

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-157735

(43)公開日 平成5年(1993)6月25日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 29/22	5 0 1	6928-2 J		
A 6 1 B 8/00		7807-4 C		
G 0 1 S 7/52	J	8113-5 J		
15/88		8113-5 J		

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平3-326043

(22)出願日 平成3年(1991)12月10日

(71)出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72)発明者 上田 智章

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

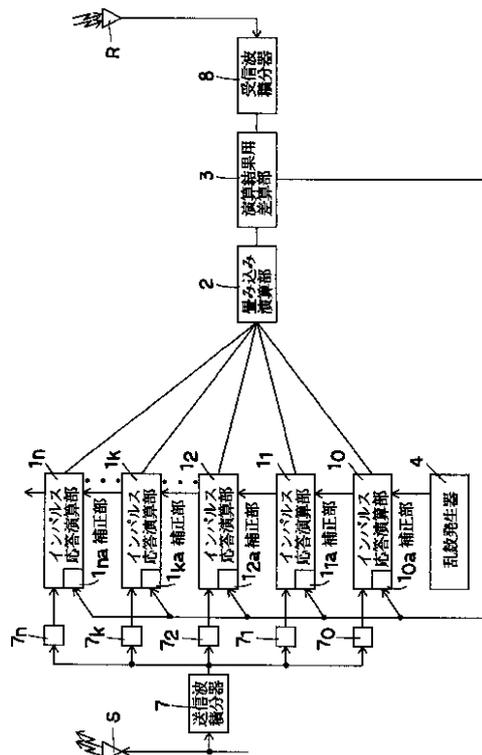
(74)代理人 弁理士 津川 友士

(54)【発明の名称】 物理源解析方法およびその装置

(57)【要約】

【目的】 構成を簡素化し、かつ少ない学習回数で計測値に基づく物理源の解析を行なう。

【構成】 既知の情報の積分値に基づいて複数の物理量演算部 1₁ , 1₂ , . . . 1_n により、物理量に基づいて主要部が定められている物理公式に相当する演算を行ない、シグマ・ユニット 2 により累積加算して誤差演算器 3 により実際の測定値の積分値との差を算出し、物理量演算部 1₁ , 1₂ , . . . 1_n の補正部 1_{1a} , 1_{2a} , . . . , 1_{na} により物理公式に含まれる変数を上記差が小さくなるように補正する。上記一連の処理を必要回数だけ反復した後に、情報収集ユニット 4 により補正された変数を収集して物理量解析結果として出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 時間的に変化する複数の入力情報に基づいて所定の処理結果を得る処理結果出力手段(1₀)

(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・(1_{ns})を複数個並列に設けておくとともに、全ての処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)からの出力情報を累積加算して、入力情報に基づいて一義に定まる値との差を算出し、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・(1_{ns})の未知数を補正して、差が十分に小さくなった時点において未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する方法であって、各入力情報を時間的に積分した状態で処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・(1_{ns})に供給するとともに、入力情報に基づいて一義に定まる値を時間的に積分した状態で処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・(1_{ns})に供給することを特徴とする物理源解析方法。

【請求項2】 空間的に変化する複数の入力情報に基づいて所定の処理結果を得る処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)を複数個並列に設けておくとともに、全ての処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)からの出力情報を累積加算して、入力情報に基づいて一義に定まる値との差を算出し、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)の未知数を補正して、差が十分に小さくなった時点において未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する方法であって、各入力情報を空間的に積分した状態で処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)に供給するとともに、入力情報に基づいて一義に定まる値を空間的に積分した状態で処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)に供給することを特徴とする物理源解析方法。

【請求項3】 各入力情報および入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数が変更可能であり、積分次数を高く設定した状態に基づく未知数の補正処理を行なった後、積分次数を低く設定した状態に基づく未知数の補正を行なう請求項1または請求項2に記載の物理源解析方法。

【請求項4】 各入力情報および入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数を互に等しく設定する請求項1から請求項3の何れかに記載の物理源解析方法。

【請求項5】 入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数を各入力情報の積分次数よりも1だけ大きく設定する請求項1から請求項4の何れかに記載の物理源解析方法。

【請求項6】 時間的に変化する複数の入力情報に基づいて所定の処理結果を得る、複数個の処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・

(1_{ns})と、全ての処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・(1_{ns})からの出力情報を累積加算する累積加算手段(2)と、入力情報に基づいて一義に定まる値と累積加算手段(2)により得られた累積加算値との差を算出する差算出手段(3)と、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・(1_{ns})の未知数を補正する補正手段(1_{0a})(1_{1a})・・・(1_{na})と、差が十分に小さくなった時点において処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・(1_{ns})の未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する補正結果出力手段(1_n)(1_{ns})と、各入力情報を時間的に積分した状態で処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・(1_{ns})に供給する第1積分手段(7)と、入力情報に基づいて一義に定まる値を時間的に積分した状態で処理結果出力手段(1₀)(1₁)・・・(1_n)(1_{0s})(1_{1s})・・・(1_{ns})に供給する第2積分手段(8)とを含むことを特徴とする物理源解析装置。

【請求項7】 空間的に変化する複数の入力情報に基づいて所定の処理結果を得る、複数個の処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)と、全ての処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)からの出力情報を累積加算する累積加算手段(2)と、入力情報に基づいて一義に定まる値と累積加算手段(2)により得られた累積加算値との差を算出する差算出手段(3)と、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)の未知数を補正する補正手段(1_{0a})(1_{1a})・・・(1_{na})と、差が十分に小さくなった時点において処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)の未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する補正結果出力手段(1₀₀)と、各入力情報を空間的に積分した状態で処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)に供給する第1積分手段(7')と、入力情報に基づいて一義に定まる値を空間的に積分した状態で処理結果出力手段(1'₀)(1'₁)・・・(1'_n)に供給する第2積分手段(8')とを含むことを特徴とする物理源解析装置。

【請求項8】 第1積分手段(7)(7')および第2積分手段(8)(8')が積分次数を変更可能なものであり、積分次数を高く設定した状態に基づく未知数の補正処理を行なった後、積分次数を低く設定した状態に基づく未知数の補正を行なうべく両積分手段(7)(7')(8)(8')の積分次数を制御する積分次数制御手段(9)をさらに含む請求項6または請求項7に記載の物理源解析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は物理源解析方法およびその装置に関し、さらに詳細に言えば、超音波を用いる音響探査に代表される、パルスエコー法と同じ原理に基づく物理源解析方法およびその装置、および複数のセンサを平面上に配置して各センサからの出力に基づいて物理源の解析を行なうための方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から図8に示すように、送波点91から超音波パルスを定期的に送波し、反射体92により反射して戻ってくるパルスエコーを受波点93においてとらえ、エコーの強度に基づいて媒体の密度が変わる境界面の位置を計測する、いわゆるパルスエコー法が広く知られている。

【0003】また、近年、医用無侵襲計測機器の中で超音波断層撮影装置が著しい普及を遂げ、診断精度の向上に大きく貢献してきた。超音波断層撮影装置に代表される超音波診断装置の動作原理はアクティブ・ソナーの原理として広く知られているパルスエコー法と同じである。ここで、反射波の強度の時間波形を観測するモードをAモード(図9参照)、1次元的に接触子を走査し閾値を設けて走査方向と深さ方向の2次元影像を観測するモードをBモード(図10参照)、走査を2次元に行なって同じ深さの2次元影像を観測するモードをCモード(図11参照)という。

【0004】したがって、超音波診断装置を使用し、目的とする診断の種類に応じてAモード、Bモード、Cモードを選択することにより、人体に傷をつけることなく人体内部の診断を行なうことができる。また、同様の原理に基づく超音波探傷装置を使用することにより各種構造物の内部の傷の有無等を検査することができる。

【0005】さらに、従来から超伝導量子干渉素子(Superconducting Quantum Interference Device、以下、SQUIDと略称する)を用いた複数個のSQUID磁束計を生体に近接させた状態で配置することにより、生体内部の磁場源(物理源の一種)を解析する装置が提案されている。この装置は、スーパーコンピュータを用いて以下の処理を行なうものである。即ち、

(1)複数個のSQUID磁束計による探査空間に乱数を用いてm個の電流素片をばらまく。ここで、電流素片iの入力パラメータは位置情報P(x, y, z)および電流ベクトルI(X, Y, Z)であるから、xi, yi, zi, Xi, Yi, Zi(但し、i=1, 2, ... *

$$B_{ej} (B X e j, B Y e j, B Z e j) = \left(\sum_{i=1}^m B X e j i, \sum_{i=1}^m B Y e j i, \sum_{i=1}^m B Z e j i \right)$$

の演算を行なう。

I I . 各測定点jにおける測定値Bj(BXj, BYj, BZj)と全電流素片に基づく推定値Bejから推

*・m)の6m個のパラメータを乱数を用いて決定する。(2)後述する推定誤差演算プロセスにより全推定誤差Eを算出する。

(3)以下の(4)から(7)の処理を反復する。

(4)任意に電流素片を選択し、該当する電流素片kのパラメータおよび全推定誤差を退避する。即ち、位置情報Ps(xs, ys, zs) = Pk(xk, yk, zk)

電流ベクトルIs(Xs, Ys, Zs) = Ik(Xk, Yk, Zk)

全推定誤差Es = Eの処理を行なう。

(5)電流素片kのパラメータを乱数を用いて微少量だけ変化させる。即ち、各成分の微少な変化量をx, y, z, X, Y, Zとすれば、

$$P_k(x_k, y_k, z_k) = P_k(x_k + x, y_k + y, z_k + z)$$

$$I_k(X_k, Y_k, Z_k) = I_k(X_k + X, Y_k + Y, Z_k + Z)$$

(6)後述する推定誤差演算プロセスにより全推定誤差Eを算出する。

(7)退避した全推定誤差Esと(6)で算出された全推定誤差Eとを比較し、全推定誤差Esの方が小さければ、で退避した情報を復帰させる。即ち、

$$P_k(x_k, y_k, z_k) = P_s(x_s, y_s, z_s)$$

$$I_k(X_k, Y_k, Z_k) = I_s(X_s, Y_s, Z_s)$$

全推定誤差E = Esの処理を行なう。

【0006】また、上記推定誤差演算プロセスは次のとおりである。

I . 各電流素片のパラメータから各測定点j(j=1, 2, ... N)における磁場を演算する。即ち、1)次の2), 3)の処理を全ての測定点jについて行なう。

2)次の3)の処理を全ての電流素片iについて行なう。

3)ビオサバールの法則を用いて、測定点jに電流素片iがつくる磁場Beji(BXeji, BYeji, BZeji)を演算する。

4)m個の電流素片が測定点jにつくる磁場Bejを次式に基づいて演算する。

【0007】

【数1】

$$B_{ej} (B X e j, B Y e j, B Z e j) = \left(\sum_{i=1}^m B X e j i, \sum_{i=1}^m B Y e j i, \sum_{i=1}^m B Z e j i \right)$$

定誤差Ejを演算し、全推定誤差Eを算出する。即ち、5)次の6)の処理を全ての測定点jについて行なう。

6)各測定点jにおける推定誤差Ejを次式に基づいて

演算する。

$$E_j = (B X_j - B X e_j)^2 + (B Y_j - B Y e_j)^2 + (B Z_j - B Z e_j)^2$$

7) 全推定誤差Eを次式に基づいて算出する。

【0008】

【数2】

$$E = \sum_{j=1}^n E_j$$

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記超音波診断装置の空間分解能は5mm程度であり、癌の早期発見等の用途に要求される空間分解能(1mm程度)と比較すれば空間分解能が低すぎるのであるから、癌の早期発見等の用途には適用できないという不都合がある。また、空間分解能を高めるために(解像度を高めるために)、送信超音波のバースト波の長さを短くすることが考えられている。具体的には、超音波の周波数を高くすることによりバースト波形を簡単に短くできるのであるから、送信超音波パルスの周波数として高い周波数を選択してバースト波を短くすることが一般的に選択される。しかし、周波数を高くすれば、超音波の減衰が顕著になり、人体の深部の診断には適用できなくなってしまうという新たな不都合が発生する。また、周波数を高くすることなくバースト波形を短くするために、短いバースト波形を出力できる探触子を使用することが考えられるが、新たな探触子の開発には試行錯誤による素材の研究を伴ない、必然的に開発が長期化してしまうという不都合があり、現状において直ちに適用できるものではない。

【0010】さらに、超音波パルスの周波数を高めることなく空間分解能を向上させる方法として、送信波形および受信波形に基づいて高速フーリエ変換演算(以下、FFT演算と略称する)を行なってインパルス応答を求める方法が知られている。しかし、データのサンプル数が2n個でなければならないという制約があるのみならず、演算装置が大型化し、しかもリアルタイム性がなくなってしまうという不都合があるので、リアルタイム性が重視される人体の診断には余り用いられていない。

【0011】以上には超音波診断装置における探査方法についてのみ説明したが、超音波探傷装置、レーダ等においても同様の不都合がある。上記磁場源解析装置を用いて磁場源の解析を行えば、全推定誤差Eが小さくなるように電流素片kのパラメータを微量ずつ変化させるのであるから最終的に正しい解析結果が得られるように思われる。

【0012】しかし、図12(A)に示すように電流素片kの初期状態が設定された場合に、2400回の処理を行なった場合に図12(B)に示す状態にまで各電流素片kが変化され、3600回の処理を行なった場合に図12(C)に示す状態にまで各電流素片kが変化され

ただけであり、最終的な解を得ることができない。また、図12(B)(C)を比較すると電流素片kの状態は余り変化しておらず、処理回数を増加させても最終的な解を得ることができないという不都合がある。また、3600回の処理を行なうためにスーパーコンピュータを用いても約20分の時間がかかっており、到底実用化できないという不都合もある。

【0013】このような不都合の発生は、1回の処理を行なっても全推定誤差Eが小さくなるという保証が全くないこと、および上記処理中、推定誤差演算プロセスのI.1), 2), 3)とII.1), 2)の部分のみについて並列処理が可能であり、他の処理については並列処理できないのであるから並列プロセッサを使用しても全体としての演算の高速化が達成できないことが原因であることを見出した。

【0014】また、近年ニューラルネットワークの研究が進展しており、上記磁場源の解析にニューラルネットワークを適用することが考えられている。ここで、ニューラルネットワークは階層型パーセプトロン(図13参照)およびホップフィールド・モデル(図16参照)に大別される。階層型パーセプトロンは、図13に示すように、入力パターンを受取る入力層と、少なくとも1層からなる中間層と、出力パターンを出力する出力層とで構成されており、各層を構成する複数個のニューロン素子同士を互に接続している。そして、階層型パーセプトロンの学習則としてバックプロパゲーション則が用いられる。しかし、階層型パーセプトロンにおいて取扱う問題が複雑になると多階層構造が要求され、ニューロン素子数が著しく多くなるのであるから、学習により決定する必要がある荷重の数が著しく多くなり、解を収束させるための演算負荷が膨大になってしまうという不都合がある。具体的には、図14に示すように、通常は1パターン当たり50回程度の学習を行なうことにより誤差が急激に小さくなり1回目の収束値に落ちつく。しかし、さらに学習を続けると、さらに何回か誤差が急激に変化する場合がある。図15は個々のパターンに対する誤差の変化を示す図であり、全体としての誤差(図15中破線参照)が殆どない部分においても誤差配分の譲り合いが継続しており(図15中実線参照)、全体としての誤差を減少させる試みが継続することになる。したがって、1回目の収束値で目的とする精度が得られない場合には、次の誤差の収束までの膨大な演算が要求されることになり、しかも次の収束値で十分な精度が得られる保証がないことになる。以上から明らかなように、階層型パーセプトロンを磁場源解析に用いることは実用上殆ど不可能である。

【0015】ホップフィールド・モデルは、図16に示すように、各ニューロンモデルが他の全てのニューロンモデルと結合した構成を有しており、階層型パーセプトロンのように入力層、中間層、出力層という区分はなさ

7

れていない。そして、全てのニューロンモデルが入力層、出力層あるいは中間層としての機能を達成できる。ここで、各ニューロンモデルが閾値素子モデルであると仮定すれば、ニューロンモデル*i*の状態変化は数3の何れかの式でモデル化される。

【0016】

【数3】

$$\sum_j W_{ij} - h_i > 0 \text{ ならば } U_i \rightarrow 1$$

$$\sum_j W_{ij} - h_i < 0 \text{ ならば } U_i \rightarrow 0$$

$$\sum_j W_{ij} - h_i = 0 \text{ ならば } U_i \text{ は不変}$$

10

* 但し、 U_i はニューロンモデル*i*の活性度あるいは出力値であり、 h_i はニューロンモデル*i*の閾値であり、 W_{ij} は荷重であり、 i, j である。そして、ニューロンモデルの荷重および学習則を決定する評価関数としてホップフィールドが定義した数4で示される関数は、各ニューロンモデルが数3に基づく内部状態変化を非同期的に行なえば、それぞれの変化によって数4を減少させ、最小値または極小値になった時点でニューロンモデルの活性度あるいは出力値が収束することになる。

【0017】

【数4】

$$E_n(U_1, U_2, \dots, U_n, h_1, h_2, \dots, h_n) \\ = \sum_i \sum_j W_{ij} U_i U_j + \sum_i \alpha_i h_i U_i$$

但し、 α_i は正の定数、上式の第1項において*i, j*である。また、ホップフィールド・モデルを用いて解析を行なうに当って、次の1)から4)の準備作業が必須である。即ち、

1) 解析のために与えられた具体的な目的関数を数4の関数形に変換する。

2) 具体的に目的関数を構成する独立変数をニューロンモデルの活性度あるいは出力値*U_i*になるように変換させるとともに、数3で与えられるような活性度あるいは出力値*U_i*の変換規則を定める。

3) 最終的にあるパターンに収束できるように各*U_i*への入力パターン、即ち、各*U_i*の初期値を定める。

4) 1)および2)で得られた学習規則を用いて出力パターンが収束するまであるいは関数*E_n*が最小になるまで同一の情報処理を反復する。

【0018】そして、これらの準備作業のうち、1)および2)の作業は非常に困難であり、うまく関数の変換ができない可能性が高く、著しく多大の作業量が必要になる。また、3)の準備作業についても、初期値の与え方によっては収束したり収束しなかったりするるのであるから、収束性が高い初期値の設定が困難であるとともに、初期値の与え方によっては得られる解が異なる場合が生じる。さらに、4)の準備作業については、何れかのニューロンモデルの内部状態の変化が引き起こした非平衡状態が全体に伝播して新たな安定状態に落ちつくまでかなりの時間がかかるのであるから、非同期的に情報処理を行なって収束値を得るまでの所要時間が非常に長くなる場合がある。

【0019】以上から明らかのように、ホップフィールド・モデルを磁場源解析に用いることも実用上殆ど不可能である。尚、以上は磁場源解析に適用する場合についてのみ説明したが、圧力源、温度源のように該当する系の支配法則が数式で表記可能であるとともに、線形加算

20

性が成立する物理源の解析に適用した場合にも同様の不都合が生じる。

30

【0020】また、これらの不都合を解消するために、本願発明者は、図17に示すように、解析対象となる物理源の個数よりも多い処理装置101を並列に設け、これら処理装置101からの出力を累積加算器102により累積加算して誤差演算器103により計測値との差を算出し、算出された差および偏微分値演算器104により算出された累積加算値の偏微分値に基づいて補正部105により各処理装置101の未知数を補正し、累積加算値と計測値との差が十分に小さくなるまで未知数の補正を行なった後に収集ユニット106により未知数補正値を物理源解析結果として出力する物理源解析装置を考えた。

40

【0021】尚、各処理装置は、所定の入力情報(計測条件等の既知の入力情報)と入力情報に基づいて一義に定まるべき計測値との関係を規定する数式に対応する処理を行なうものであり、実際の処理内容は解析対象となる物理源の種類等に応じて定まる。この構成の物理源解析装置を採用すれば、解析対象となる物理源を含む系の支配法則を学習させる必要がなくなるとともに、累積加算値と計測値との差が必ず小さくなるように未知数の補正を行なうので、ニューラル・ネットワークを用いて物理源の解析を行なう場合のように著しく長時間がかかり、しかも所期の精度の物理源解析結果が得られる保障がないという不都合を解消できる。また、音響探査装置に適用すれば、送信波を変更しなくても空間分解能を高めることができ、しかもFFT演算のような制約がないのであるからリアルタイム性を達成できる。しかし、この構成の物理源解析装置を用いて時間的に、または空間的に変化する計測値に基づく物理源の解析を行なう場合には、計測値の中に解析対象となる物理源に起因する情報が局在することになるので、未知数の補正処理を行な

50

って実際に有効に未知数が補正される確率が低くなり、この結果、物理源解析のための所要時間が長くなってしまふという不都合がある。また、物理源解析結果としてインパルス応答が得られるだけであり、ステップ応答を得ることができないという不都合もある。

【0022】

【発明の目的】この発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、物理源の解析精度を簡単に高めることができ、しかもリアルタイム性を達成できる新規な物理源解析装置を提供することを目的としている。

【0023】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための、請求項1の物理源解析装置は、時間的に変化する複数の入力情報に基づいて所定の処理結果を得る処理結果出力手段を複数個並列に設けておくとともに、全ての処理結果出力手段からの出力情報を累積加算して、入力情報に基づいて一義に定まる値との差を算出し、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段の未知数を補正して、差が十分に小さくなった時点において未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する方法であって、各入力情報を時間的に積分した状態で処理結果出力手段に供給するとともに、入力情報に基づいて一義に定まる値を時間的に積分した状態で処理結果出力手段に供給する方法である。

【0024】請求項2の物理源解析方法は、空間的に変化する複数の入力情報に基づいて所定の処理結果を得る処理結果出力手段を複数個並列に設けておくとともに、全ての処理結果出力手段からの出力情報を累積加算して、入力情報に基づいて一義に定まる値との差を算出し、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段の未知数を補正して、差が十分に小さくなった時点において未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する方法であって、各入力情報を空間的に積分した状態で処理結果出力手段に供給するとともに、入力情報に基づいて一義に定まる値を空間的に積分した状態で処理結果出力手段に供給する方法である。

【0025】請求項3の物理源解析方法は、各入力情報および入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数が変更可能であり、積分次数を高く設定した状態に基づく未知数の補正処理を行なった後、積分次数を低く設定した状態に基づく未知数の補正を行なう方法である。請求項4の物理源解析方法は、各入力情報および入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数を互に等しく設定する方法である。

【0026】請求項5の物理源解析方法は、入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数を各入力情報の積分次数よりも1だけ大きく設定する方法である。請求項6の物理源解析装置は、時間的に変化する複数の入力情報に基づいて所定の処理結果を得る、複数個の処理結果出力手段と、全ての処理結果出力手段からの出力情報を累

積加算する累積加算手段と、入力情報に基づいて一義に定まる値と累積加算結果により得られた累積加算値との差を算出する差算出手段と、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段の未知数を補正する補正手段と、差が十分に小さくなった時点において処理結果出力手段の未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する補正結果出力手段と、各入力情報を時間的に積分した状態で処理結果出力手段に供給する第1積分手段と、入力情報に基づいて一義に定まる値を時間的に積分した状態で処理結果出力手段に供給する第2積分手段とを含んでいる。

【0027】請求項7の物理源解析装置は、空間的に変化する複数の入力情報に基づいて所定の処理結果を得る、複数個の処理結果出力手段と、全ての処理結果出力手段からの出力情報を累積加算する累積加算手段と、入力情報に基づいて一義に定まる値と累積加算結果により得られた累積加算値との差を算出する差算出手段と、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段の未知数を補正する補正手段と、差が十分に小さくなった時点において処理結果出力手段の未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する補正結果出力手段と、各入力情報を空間的に積分した状態で処理結果出力手段に供給する第1積分手段と、入力情報に基づいて一義に定まる値を空間的に積分した状態で処理結果出力手段に供給する第2積分手段とを含んでいる。

【0028】請求項8の物理源解析装置は、第1積分手段および第2積分手段が積分次数を変更可能なものであり、積分次数を高く設定した状態に基づく未知数の補正処理を行なった後、積分次数を低く設定した状態に基づく未知数の補正を行なうべく両積分手段の積分次数を制御する積分次数制御手段をさらに含んでいる。但し、これらの場合において積分の次数としては任意の整数を選択することが可能であり、選択された整数が負である場合には微分処理を行なうことになる。

【0029】

【作用】請求項1の物理源解析装置であれば、時間的に変化する複数の入力情報を時間的に積分して各処理結果出力手段に供給することにより積分された入力情報に対応する処理結果を得、累積加算する。そして、入力情報に基づいて一義に定まる値を積分して累積加算結果との差を算出し、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段の未知数を補正する。そして、差が十分に小さくなった時点において未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する。

【0030】したがって、積分前において各物理源に起因する情報が時間的に局在していても、積分処理を施すことにより、局在していた時刻よりも後の時刻においてこれらの情報を存在させ続けることができるので、補正処理を行なった場合に実際に未知数が補正される確率が高くなり、この結果、物理源解析のための所要時間を大

巾に短縮できる。

【0031】請求項2の物理源解析方法であれば、空間的に変化する複数の入力情報を空間的に積分して各処理結果出力手段に供給することにより積分された入力情報に対応する処理結果を得、累積加算する。そして、入力情報に基づいて一義に定まる値を積分して累積加算結果との差を算出し、算出された差に基づいて、差が小さくなるように処理結果出力手段の未知数を補正する。そして、差が十分に小さくなった時点において未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する。

【0032】したがって、積分前において各物理源に起因する情報が空間的に局在していても、積分処理を施すことにより、局在していた空間よりも積分方向に後の空間においてこれらの情報を存在させ続けることができるので、補正処理を行なった場合に実際に未知数が補正される確率が高くなり、この結果、物理源解析のための所要時間を大巾に短縮できる。

【0033】請求項3の物理源解析方法であれば、各入力情報および入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数を高く設定した状態で未知数の補正処理を行なうことによりある程度の精度で未知数を補正できるまでの所要時間を短縮でき、その後、積分次数を低く設定した状態で未知数の補正処理を行なうことにより未知数の補正精度を高めることができる。即ち、物理源解析の高速化および高精度化を達成できる。

【0034】請求項4の物理源解析方法であれば、各入力情報および入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数を互に等しく設定した状態で未知数の補正を行なうのであるから、物理源解析結果としてインパルス応答を得ることができる。請求項5の物理源解析方法であれば、入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数を各入力情報の積分次数よりも1だけ大きく設定した状態で未知数の補正を行なうのであるから、物理源解析結果としてステップ応答を得ることができる。この結果、物理源の有無を簡単に識別できるとともに、耐ノイズ性を高めることができる。

【0035】請求項6の物理源解析装置であれば、時間的に変化する複数の入力情報を第1積分手段により時間的に積分して各処理結果出力手段に供給することにより積分された入力情報に対応する処理結果を得、累積加算手段により全ての処理結果を累積加算する。そして、入力情報に基づいて一義に定まる値を第2積分手段により積分して差算出手段により累積加算結果との差を算出し、算出された差に基づいて、補正手段により差が小さくなるように処理結果出力手段の未知数を補正する。そして、差が十分に小さくなった時点において補正結果出力手段により未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する。

【0036】したがって、積分前において各物理源に起因する情報が時間的に局在していても、積分処理を施す

ことにより、局在していた時刻よりも後の時刻においてこれらの情報を存在させ続けることができるので、補正処理を行なった場合に実際に未知数が補正される確率が高くなり、この結果、物理源解析のための所要時間を大巾に短縮できる。

【0037】請求項7の物理源解析装置であれば、空間的に変化する複数の入力情報を第1積分手段により空間的に積分して各処理結果出力手段に供給することにより積分された入力情報に対応する処理結果を得、累積加算手段により全ての処理結果を累積加算する。そして、入力情報に基づいて一義に定まる値を第2積分手段により積分して差算出手段により累積加算結果との差を算出し、算出された差に基づいて、補正手段により差が小さくなるように処理結果出力手段の未知数を補正する。そして、差が十分に小さくなった時点において補正結果出力手段により未知数の補正結果を物理源解析結果として出力する。

【0038】したがって、積分前において各物理源に起因する情報が空間的に局在していても、積分処理を施すことにより、局在していた空間よりも積分方向に関して後の空間においてこれらの情報を存在させ続けることができるので、補正処理を行なった場合に実際に未知数が補正される確率が高くなり、この結果、物理源解析のための所要時間を大巾に短縮できる。

【0039】請求項8の物理源解析装置であれば、各入力情報および入力情報に基づいて一義に定まる値の積分次数を積分次数制御手段により高く設定した状態で未知数の補正処理を行なうことによりある程度の精度で未知数を補正できるまでの所要時間を短縮でき、その後、積分次数制御手段により積分次数を低く設定した状態で未知数の補正処理を行なうことにより未知数の補正精度を高めることができる。即ち、物理源解析の高速化および高精度化を達成できる。

【0040】

【実施例】以下、実施例を示す添付図面によって詳細に説明する。図1はこの発明の物理源解析装置の一実施例としての超音波探査装置を示すブロック図であり、送波器Sから送波される所定のパルス周波数の超音波X(t)を時間的に積分する送信波積分器7と、送信波積分器7からの出力に基づいてn個のパルスからなるパルス列を出力するパルス列出力部7₀, 7₁, …, 7_nと、パルス列出力部7₀, 7₁, …, 7_nにより出力される各パルスのピーク値x₀, x₁, …, x_nを乗数とし、推定すべきインパルス応答g₁, g_(j-1), …, g_(j-n)を被乗数とする演算を行なうインパルス応答演算部1₀, 1₁, …, 1_nと、全てのインパルス応答演算部1₀, 1₁, …, 1_nから出力される演算結果に基づく畳み込み演算を行なう畳み込み演算部2と、受波器Rにより得られる受信波形Y(t)を時間的に積分する受信波形積分器8と、畳み込み演算結果および受波波形積

分器 8 により得られた波形を所定のサンプリング・レートでサンプリングすることにより得られる受信波パルスを入力として両者の差を算出する演算結果用差算出部 3 と、第 1 段目の演算部 1₀ に対して未知のインパルス応答 g_j について仮定の初期値を与える乱数発生器 4 とを有している。そして、インパルス応答演算部 1₀ , 1₁ , . . . 1_n は上記差に基づいて該当するインパルス応答を補正する補正部 1_{0a} , 1_{1a} , . . . 1_{na} を含んでおり、各補正部により補正されたインパルス応答を次段のインパルス応答演算部に供給するようにしている。尚、最終段の補正部 1_{na} により補正されたインパルス応答は超音波探査結果として出力される。

【0041】さらに詳細に説明すると、送波超音波 X (t) を積分した波形の各パルスのピーク値 x () が x₀ , x₁ , . . . x_n であるから、時刻 j における境界面のインパルス応答を G_j、計測された反射波 (受信波) Y (t) を積分した波形を y_j とし、放射される超音波パルス波の音圧が小さく線形加算性が成立する場合には、受信波 Y_j および受信波の積分波形 y_j が数 5 で表現できる。

【0042】

【数 5】

$$Y_j = \sum_{i=1}^n G_{(j-i)} \cdot X_i$$

$$y_j = \sum_{i=1}^n G_{(j-i)} \cdot x_i$$

但し、X (t) , Y (t) と x (t) , y (t) との関係は数 6 である。

【0043】

【数 6】

$$x (t) = \int X (t) dt$$

$$y (t) = \int Y (t) dt$$

したがって、各インパルス応答演算部において正確なインパルス応答が設定されていれば畳み込み演算部 2 から出力される畳み込み演算結果 O_j (数 7 参照) は受信波の積分波形 y_j と一致し、演算結果用差算出部 3 から出力される差 y_j - O_j は 0 となる。

【0044】

【数 7】

$$O_j = \sum_{i=1}^n g_{(j-i)} \cdot x_i$$

しかし、実際には全てのインパルス応答演算部において正確なインパルス応答を設定できる場合は皆無であるから、推定したインパルス応答 g_(j-i) と実際のインパルス応答 G_(j-i) とのずれに対応する差 y_j - O_j が演算結果用差算出部 3 から出力される。

【0045】そして、演算結果用差算出部 3 から出力される差 y_j - O_j に基づいて各インパルス応答演算部に含まれる補正部において次式で示す補正演算を行なって推

定したインパルス応答を補正する。

$$g_{(j-i)} = g_{(j-i)} + (y_j - O_j) \cdot x_i$$

したがって、推定されたインパルス応答 g_(j-i) が上記補正演算に基づく補正分だけ実際のインパルス応答 G_(j-i) に接近する。そして、補正されたインパルス応答 g_(j-i) は次の時刻における処理に対応すべく次段のインパルス応答演算部に供給され、同様の処理が反復される。

【0046】この結果、インパルス応答演算部 1₀ , 1₁ , . . . 1_n において順次上記処理が行なわれることにより実際のインパルス応答 G_(j-i) に高精度に近似できるインパルス応答 g_(j-i) が得られる。また、複数個のインパルス応答が存在している系において、各インパルス応答の影響を受けた成分が受信波 Y (t) の全範囲に存在しているのではなく一部のみに局在しているから、該当する成分が局在している範囲に対応する受信波パルスが供給された場合にのみ該当するインパルス応答の補正が達成され、他の範囲に対応する受信波パルスが供給されても該当するインパルス応答の補正は全く達成されない。この結果、インパルス応答の補正にかなり長時間がかかってしまうことになる。しかし、この実施例においては、送信波を積分するとともに受信波を積分するようにしているのであるから、各インパルス応答の影響を受けた成分が受信波積分波形の該当範囲以後の全ての範囲に含まれることになり、受信波パルスが供給された場合に実際に該当するインパルス応答が補正される確率が高くなる。したがって、インパルス応答の補正に必要な時間を大巾に短縮できる。

【0047】以上の説明から明らかなように、n 段のインパルス応答補正処理が行なわれた後は、データが得られる毎に直ちにインパルス応答を得ることができ、リアルタイム処理を達成できる。また、送出パルスの周波数を低くして減衰を小さくし、データ列を得るためのサンプリング・レートを高めることにより簡単に高解像度化できる。

【0048】

【実施例 2】図 2 はこの発明の物理源解析装置の他の実施例としての超音波探査装置の要部を示すブロック図であり、図 1 の実施例と異なる点は、送信波積分器 7 および受信波積分器 8 が共に 2 段の積分器 7 a , 7 b、積分器 8 a , 8 b で構成されている点、2 段の積分器 7 a , 7 b の上流点、中間点および下流点の波形を選択的にパルス列出力部 7₀ , 7₁ , . . . 7_n に供給する送信波選択器 7 c をさらに有している点、2 段の積分器 8 a , 8 b の上流点、中間点および下流点の波形を選択的に演算結果用差算出部 3 に供給する受信波選択器 8 c をさらに有している点および互に等しい積分次数の出力を選択すべく送信波選択器 7 c および受信波選択器 8 c を制御する積分次数制御部 9 をさらに有している点のみである。

【0049】上記構成の超音波探査装置の作用は次のと

おりである。この音響探査装置の2段の積分器7 a , 7 bの上流点、中間点および下流点からそれぞれX (t) , 数8および数9が出力される。

【0050】

【数8】

$$\int X (t) d t = x (t)$$

【0051】

【数9】

$$\int \int X (t) d t = \int x (t) d t$$

また、物理源解析装置の2段の積分器8 a , 8 bの上流点、中間点および下流点からそれぞれY (t) , 数10および数11が出力される。

【0052】

【数10】

$$\int Y (t) d t = y (t)$$

【0053】

【数11】

$$\int \int Y (t) d t = \int y (t) d t$$

したがって、先ず積分次数制御部9により送信波選択器7 cおよび受信波選択器8 cを制御して2段の積分器7 a , 7 bの下流点および2段の積分器8 a , 8 bの下流点を選択すればよく、2次の積分波形に基づくインパルス応答の補正処理を著しく高速に達成できる。

【0054】但し、2次の積分波形に基づいてインパルス応答を補正した場合には、累積加算値と受信波を2次積分した波形との差を十分には小さくできないが、差がほぼ安定するまでの所要時間を著しく短縮できる。次いで、積分次数制御部9により送信波選択器7 cおよび受信波選択器8 cを制御して2段の積分器7 a , 7 bの中間点および2段の積分器8 a , 8 bの中間点を選択すればよく、1次の積分波形に基づくインパルス応答の補正処理を高速に達成できるとともに、上記差をさらに小さくできる。

【0055】その後、積分次数制御部9により送信波選択器7 cおよび受信波選択器8 cを制御して2段の積分器7 a , 7 bの上流点および2段の積分器8 a , 8 bの上流点を選択すればよく、全く積分を行なっていない波形に基づくインパルス応答の補正処理を達成し、上記差*

$$Y (t) = X (t) * g (t)$$

$$= (d X (t) / d t) * \int g (t) d t$$

また、両辺を1回積分することにより数13が得られ、

2回積分することにより数14が得られる。

$$\int Y (t) d t = \int X (t) d t * g (t)$$

$$= X (t) * \int g (t) d t$$

【0060】

$$\int \int Y (t) d t = \int \int X (t) d t * g (t)$$

$$= \int X (t) * \int g (t) d t$$

*を著しく小さくできる。以上の説明から明らかなように、インパルス応答の補正初期(推定初期)においては高い次数の積分を行なった波形に基づく処理を行なうことにより収束速度を高め、順次積分次数を低くすることによりインパルス応答の推定精度を高め、最終的に全く積分を行なっていない波形に基づく処理を行なうことにより高精度にインパルス応答の推定を達成できる。

【0056】

【実施例3】図3はこの発明の物理源解析装置のさらに他の実施例としての超音波探査装置の要部を示すブロック図であり、図2の音響探査装置と異なる点は、2段の積分器7 a , 7 bに代えて積分器7 dおよび微分器7 eを設け、積分器7 dにより得られた波形、積分器7 d、微分器7 eの何れをも経由していない波形、微分器7 eにより得られた波形を送信波選択器7 cにより選択するようにした点、積分次数制御部9により送信波積分器7の積分次数が受信波積分器8の積分次数よりも1だけ小さくなるように各積分出力を選択する点およびインパルス応答演算部1₀ , 1₁ , . . . 1_nに代えてステップ応答演算部1_{0s} , 1_{1s} , . . . 1_{ns}を設けた点のみである。尚、ステップ応答演算部1_{0s} , 1_{1s} , . . . 1_{ns}は、パルス列出力部7₀ , 7₁ , . . . 7_nにより出力される各パルスのピーク値x₀ , x₁ , . . . x_nを乗数とし、推定すべきステップ応答(インパルス応答g_j , g_(j-1) , . . . g_(j-n)の積分値)を被乗数とする演算を行なうものである。

【0057】上記構成の超音波探査装置の作用は次のとおりである。微分器7 eを経由する出力点からdX (t) / d t (-1次の積分波形)が、積分器7 d、微分器7 eの何れをも経由しない出力点からX (t)が、積分器7 dを経由する出力点から数8がそれぞれ出力される。また、送信波X (t)とインパルス応答g (t)と受信波Y (t)との間においてY (t) = X (t) * g (t)の関係が成立するので、送信波X (t)を微分し、インパルス応答g (t)を積分することにより数12が得られる。

【0058】

【数12】

【0059】

【数13】

【数14】

数 1 2 から数 1 4 において数 1 5 がステップ応答である。

【0061】

【数 1 5】

$$\int g(t) dt$$

したがって、まず積分次数制御部 9 により送信波選択器 7 c および受信波選択器 8 c を制御して積分器 7 d を経由する出力点および 2 段の積分器 8 a , 8 b の下流点を選択すればよく、受信波の 2 次の積分波形および送信波の 1 次の積分波形に基づくステップ応答の補正処理を著しく高速に達成できる。

【0062】但し、2 次の積分波形および 1 次の積分波形に基づいてステップ応答を補正した場合には、累積加算値と受信波を 2 次積分した波形との差を十分には小さくできないが、差がほぼ安定するまでの所要時間を著しく短縮できる。次いで、積分次数制御部 9 により送信波選択器 7 c および受信波選択器 8 c を制御して積分器 7 d、微分器 7 e の何れをも経由しない出力点および 2 段の積分器 8 a , 8 b の中間点を選択すればよく、受信波の 1 次の積分波形および送信波の 0 次の積分波形（送信波そのもの）に基づくステップ応答の補正処理を高速に達成できるとともに、上記差をさらに小さくできる。

【0063】その後、積分次数制御部 9 により送信波選択器 7 c および受信波選択器 8 c を制御して微分器 7 e を経由する出力点および 2 段の積分器 8 a , 8 b の上流点を選択すればよく、受信波の 0 次の積分波形（受信波そのもの）および送信波の - 1 次の積分波形（送信波の微分波形）に基づくステップ応答の補正処理を達成し、上記差を著しく小さくできる。

【0064】以上の説明から明らかなように、ステップ応答の補正初期（推定初期）においては高い次数の積分を行なった波形に基づく処理を行なうことにより収束速度を高め、順次積分次数を低くすることによりステップ応答の推定精度を高め、最終的に全く積分を行っていない受信波形および - 1 次の積分を行なった送信波形に基づく処理を行なうことにより高精度にステップ応答の推定を達成できる。

【0065】そして、インパルス応答は境界を検出できるだけであり、そのままでは物理源の有無を判別できないのであるが、ステップ応答は物理源の有無を判別できるので視覚化する場合の処理を簡素化できる。図 4 はこの実施例に基づくステップ応答推定の具体例を説明する図であり、受信波の 2 次の積分波形を用いた処理を 10 回行ない、受信波の 1 次の積分波形を用いた処理を 90 回行なった結果を示している。尚、図 4 (A) が推定されたステップ応答と真のステップ応答を、図 4 (B) が推定回数に対応する受信波と累積加算値との差（サンプル 1000 個に対する絶対推定誤差）をそれぞれ示している。

【0066】図 5 は受信波の 2 次の積分波形を用いた処

理のみを 100 回行なった場合を、図 6 は受信波の 1 次の積分波形を用いた処理のみを 100 回行なった場合をそれぞれ示している。これら具体例から明らかなように、受信波の 2 次の積分波形を用いた処理を行なうことにより推定誤差の収束を高速化できるが、収束後は推定誤差が殆ど変化しないのでステップ応答の推定精度が低い。また、受信波の 1 次の積分波形を用いた処理を行なった場合には、推定誤差の収束が遅く、100 回の推定回数では推定誤差が十分には小さくならないのでステップ応答の推定精度が図 5 の場合よりも低くなる。これに対して図 4 の場合には、図 5 の場合と同程度の高速収束性を達成でき、その後、さらに推定誤差を減少させるべく推定処理が反復されるのであるから、推定精度の高精度化をも達成できる。

【0067】

【実施例 4】図 7 はこの発明の物理量解析装置のさらに他の実施例としての磁場源解析装置を示すブロック図であり、図 1 の実施例と異なる点は、受波器 R に代えて N 個の磁場センサ M S を設けた点、送波器 S に代えて測定条件を出力する測定条件出力部 M O を設けた点、インパルス応答演算部 1₀ , 1₁ , . . . 1_n に代えて磁場算出式に相当する処理を行なう磁場演算部 1' ₀ , 1' ₁ , . . . 1' _n を設けた点、N 個の磁場センサ M S の何れかによる計測値を選択する選択部 M P X 1 と対応する計測条件を選択する選択部 M P X 2 および両選択部 M P X 1 , M P X 2 を制御する制御部 C をさらに設けた点、送信波積分器 7、受信波積分器 8 に代えて空間積分を行なう計測条件積分器 7'、計測値積分器 8' を設けた点および補正された未知数を収集して出力する収集ユニット 100 を設けた点のみである。但し、磁場演算部同士は接続されていない。

【0068】したがって、この実施例の場合には、時間積分に代えて空間積分を行なう点は図 1 の実施例と異なるが、空間的に局在する計測値を積分方向に拡散させ、存在範囲を拡大できるので、磁場源推定の収束を高速化できる。尚、図 7 の実施例に対して、図 1 の実施例に対する図 2 の実施例、図 3 の実施例と同様の変更を施すことが可能であるほか、磁場源以外の物理源、例えば圧力源、熱源、光源等のように線形加算性が成立する物理源の解析に適用することが可能である。

【0069】尚、この発明は上記の実施例に限定されるものではなく、例えば、各演算部に代えて所定の学習を行なった比較的小規模の多入力 1 出力の階層型パーセプトロンを用いることが可能であるほか、この発明の要旨を変更しない範囲内において種々の設計変更を施すことが可能である。

【0070】

【発明の効果】以上のように請求項 1 の発明は、積分前において各物理源に起因する情報が時間的に局在していても、積分処理を施すことにより、局在していた時刻よ

10

20

30

40

50

りも後の時刻においてこれらの情報を存在させ続け、補正処理を行なった場合に実際に未知数が補正される確率を高めて、物理源解析のための所要時間を大巾に短縮できるという特有の効果を奏する。

【0071】請求項2の発明は、積分前において各物理源に起因する情報が空間的に局在していても、積分処理を施すことにより、局在していた空間よりも積分方向に後の空間においてこれらの情報を存在させ続け、補正処理を行なった場合に実際に未知数が補正される確率を高めて、物理源解析のための所要時間を大巾に短縮できるという特有の効果を奏する。

【0072】請求項3の発明は、物理源解析の高速化および高精度化を達成できるという特有の効果を奏する。請求項4の発明は、物理源解析結果としてインパルス応答を得ることができるという特有の効果を奏する。請求項5の発明は、物理源解析結果としてステップ応答を得ることができ、物理源の有無を簡単に識別できるとともに、耐ノイズ性を高めることができるという特有の効果を奏する。

【0073】請求項6の発明は、積分前において各物理源に起因する情報が時間的に局在していても、積分処理を施すことにより、局在していた時刻よりも後の時刻においてこれらの情報を存在させ続け、補正処理を行なった場合に実際に未知数が補正される確率を高めて、物理源解析のための所要時間を大巾に短縮できるという特有の効果を奏する。

【0074】請求項7の発明は、積分前において各物理源に起因する情報が空間的に局在していても、積分処理を施すことにより、局在していた空間よりも積分方向に関して後の空間においてこれらの情報を存在させ続け、補正処理を行なった場合に実際に未知数が補正される確率を高めて、物理源解析のための所要時間を大巾に短縮できるという特有の効果を奏する。

【0075】請求項8の発明は、物理源解析の高速化および高精度化を達成できるという特有の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の物理源解析装置の一実施例としての超音波探査装置を示すブロック図である。

【図2】この発明の物理源解析装置の他の実施例としての超音波探査装置の要部を示すブロック図である。

【図3】この発明の物理量解析装置のさらに他の実施例としての超音波探査装置の要部を示すブロック図であ

る。

【図4】図3の実施例に基づくステップ応答推定の具体例を説明する図である。

【図5】ステップ応答推定の比較例を説明する図である。

【図6】ステップ応答推定の比較例を説明する図である。

【図7】この発明の物理量解析装置のさらに他の実施例としての磁場源解析装置を示すブロック図である。

【図8】パルスエコー法の原理を説明する概略図である。

【図9】反射波の強度の時間波形を観測するモードを説明する概略図である。

【図10】1次元的に接触子を走査し閾値を設けて走査方向と深さ方向の2次元像を観測するモードを説明する概略図である。

【図11】走査を2次元的に行なって同じ深さの2次元像を観測するモードを説明する概略図である。

【図12】従来方法による磁場源解析結果を示す図である。

【図13】階層型パーセプトロンの構成を概略的に示す図である。

【図14】階層型パーセプトロンにおける学習回数と誤差との関係を示す図である。

【図15】階層型パーセプトロンにおける学習回数に対応する個々のパターンに対する誤差と全体としての誤差の変化を示す図である。

【図16】ホップフィールド・モデルを概略的に示す図である。

【図17】本願発明者が考えた物理源解析装置を概略的に示すブロック図である。

【符号の説明】

- 1₀ , 1₁ , . . . 1_n インパルス応答演算部
- 1_{0s} , 1_{1s} , . . . 1_{ns} ステップ応答演算部
- 1' ₀ , 1' ₁ , . . . 1' _n 磁場演算部
- 1_{0a} , 1_{1a} , . . . 1_{na} 補正部
- 2 畳み込み演算部 3 演算結果用差算出部 7 送信波積分器
- 7' 計測条件積分器 8 受信波形積分器 8' 計測値積分器
- 9 積分次数制御部 100 収集ユニット

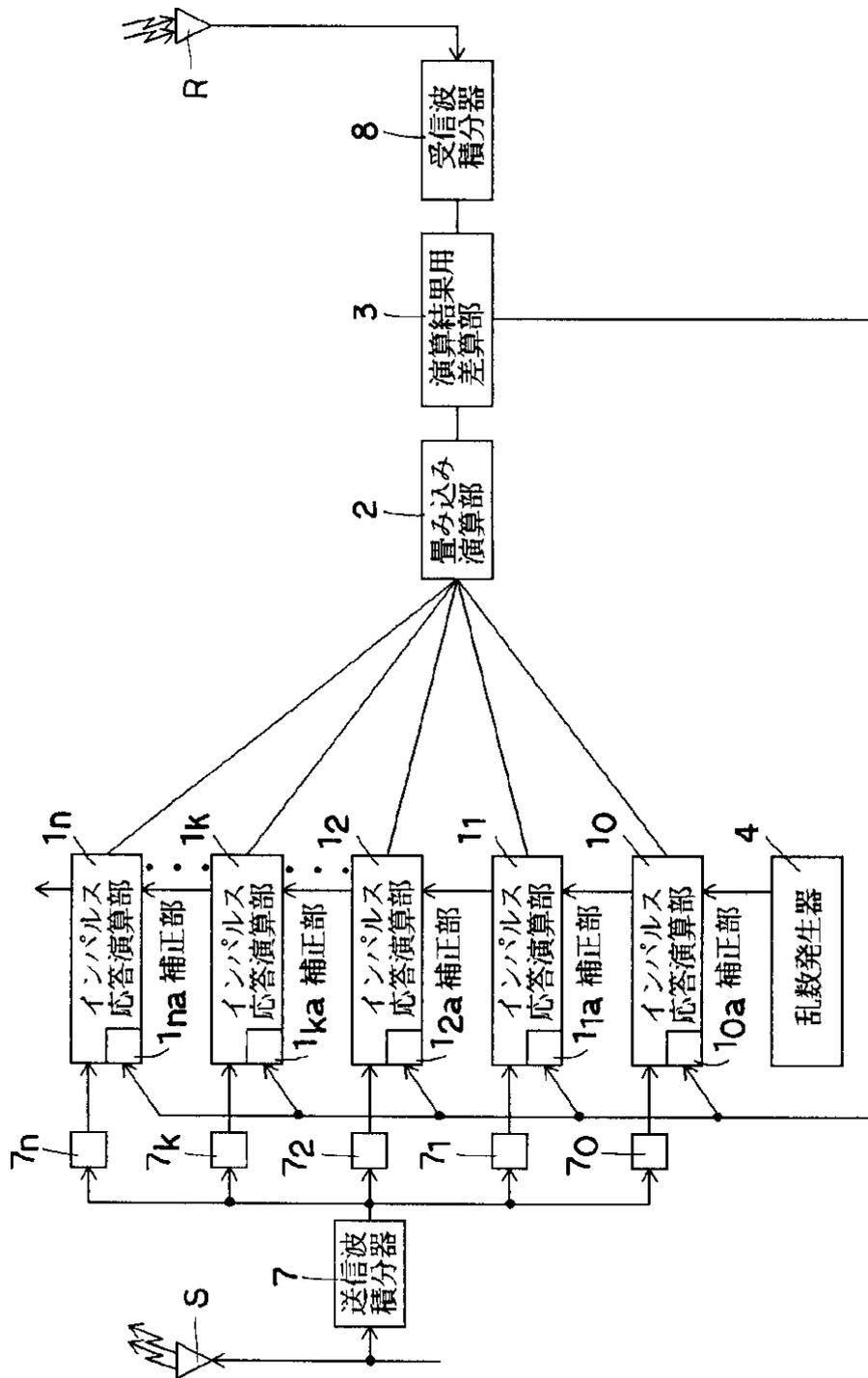
10

20

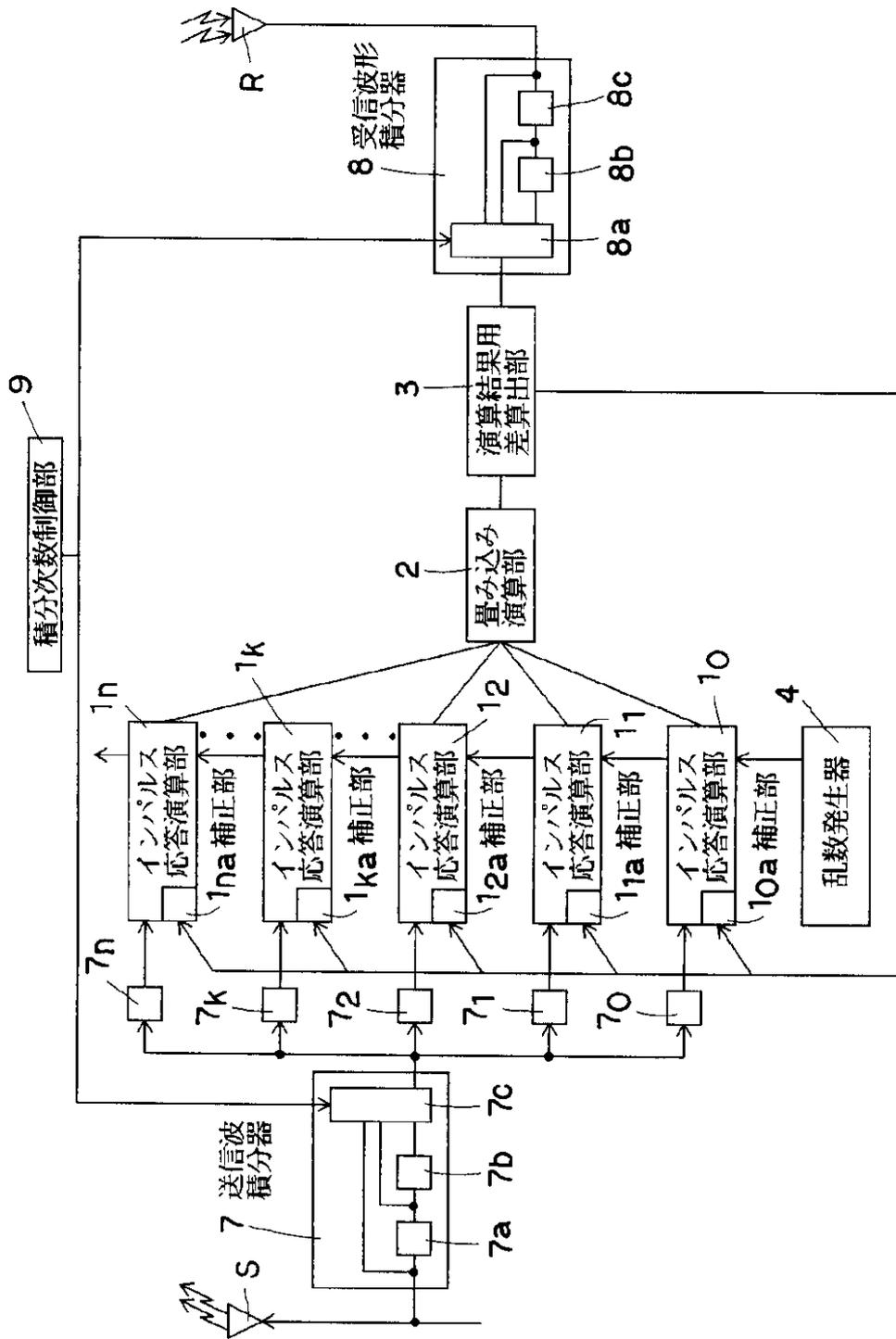
30

40

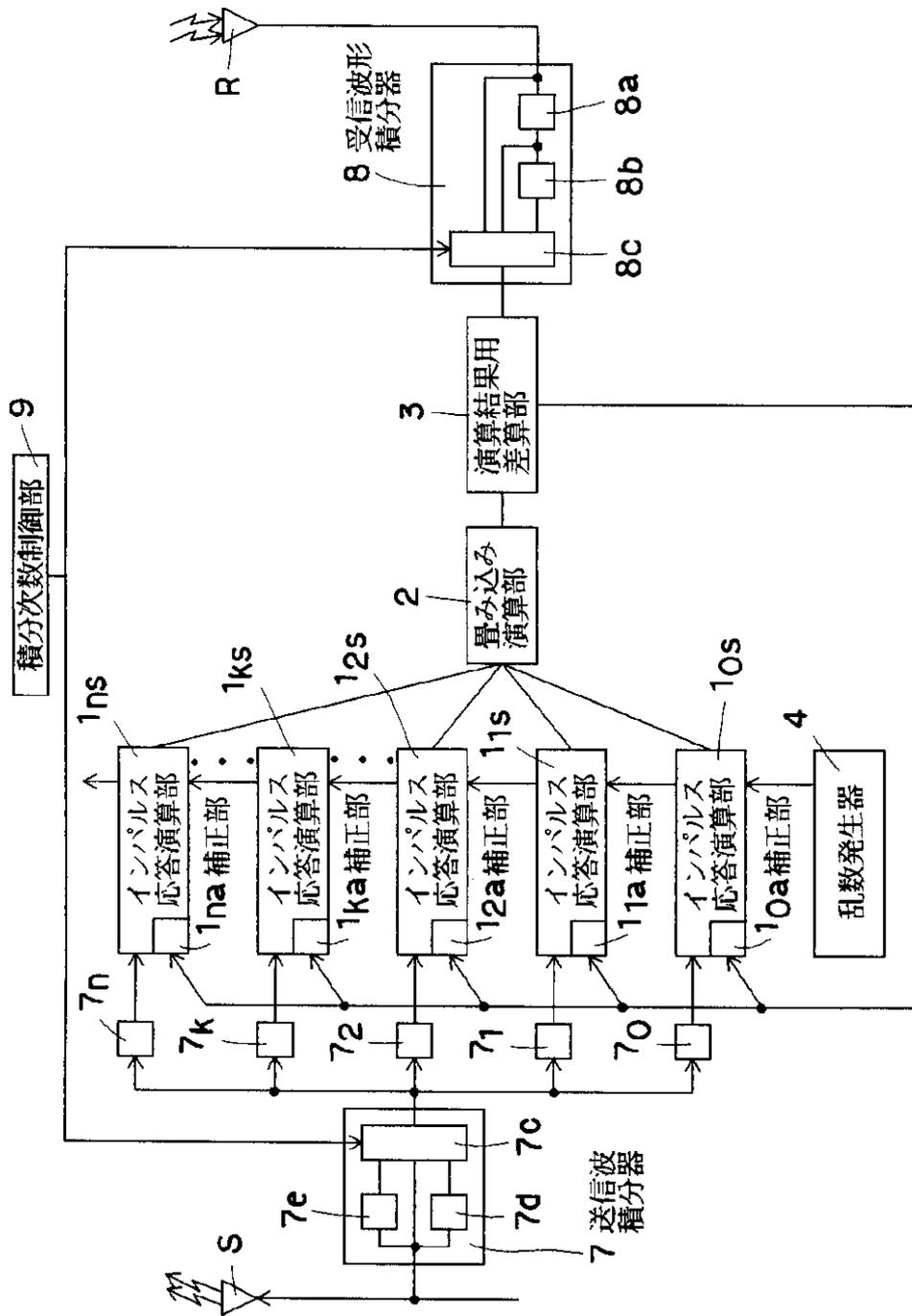
【図1】



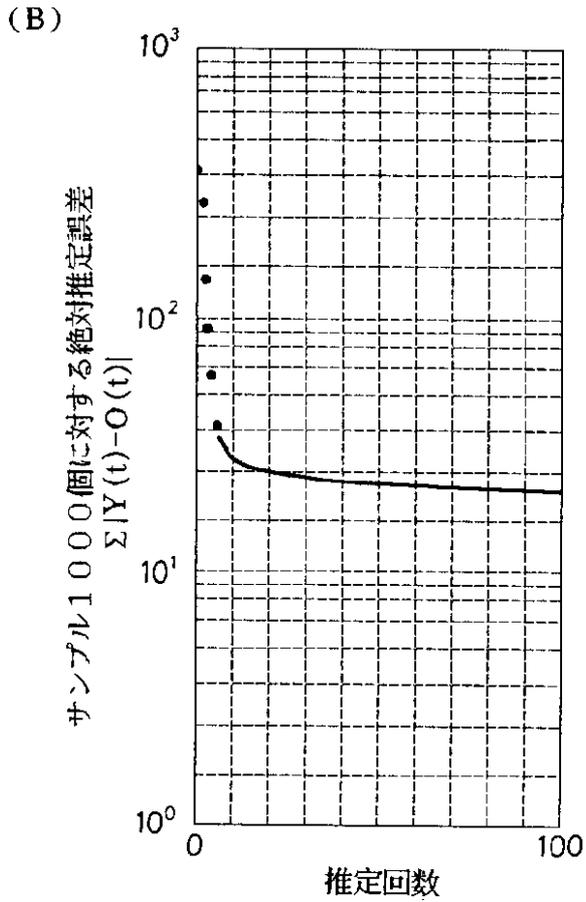
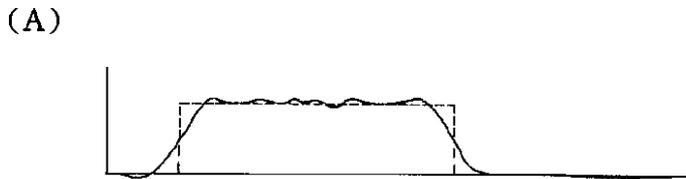
【図2】



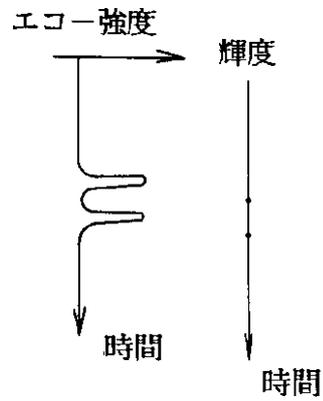
【図3】



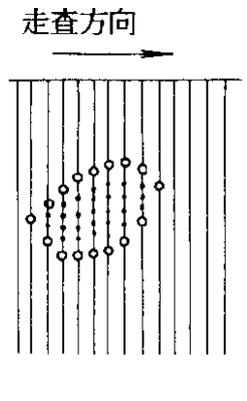
【図4】



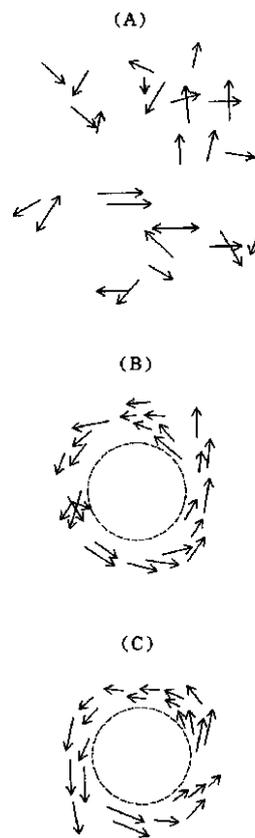
【図9】



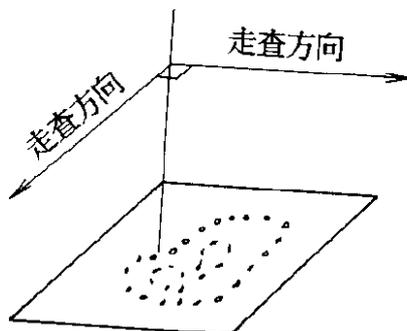
【図10】



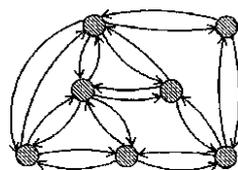
【図12】



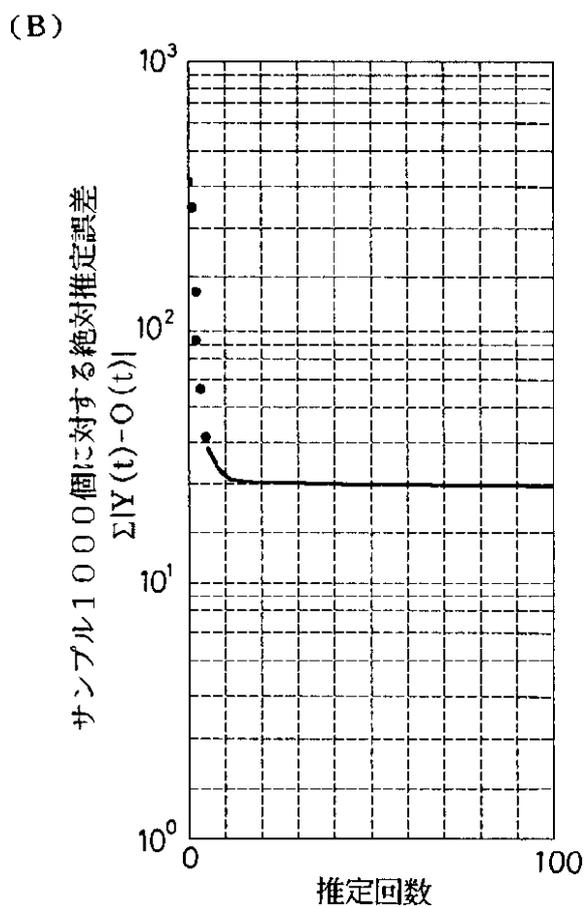
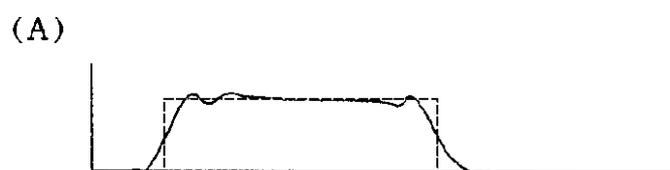
【図11】



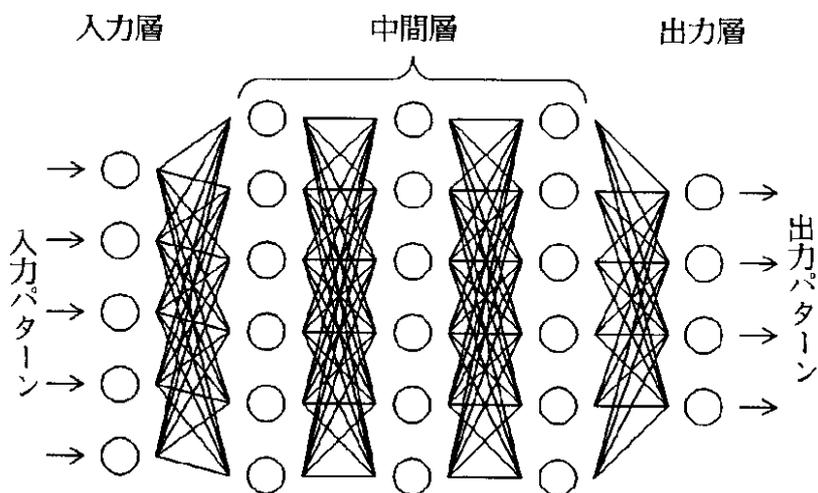
【図16】



【図5】

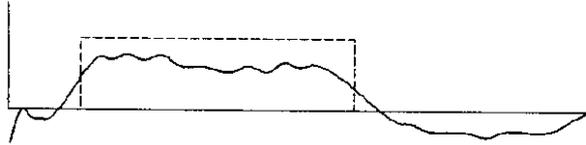


【図13】

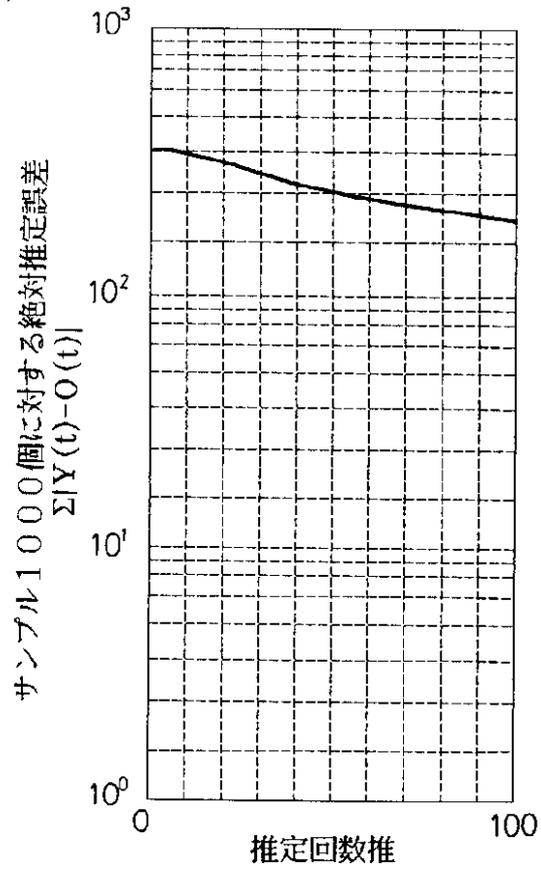


【図6】

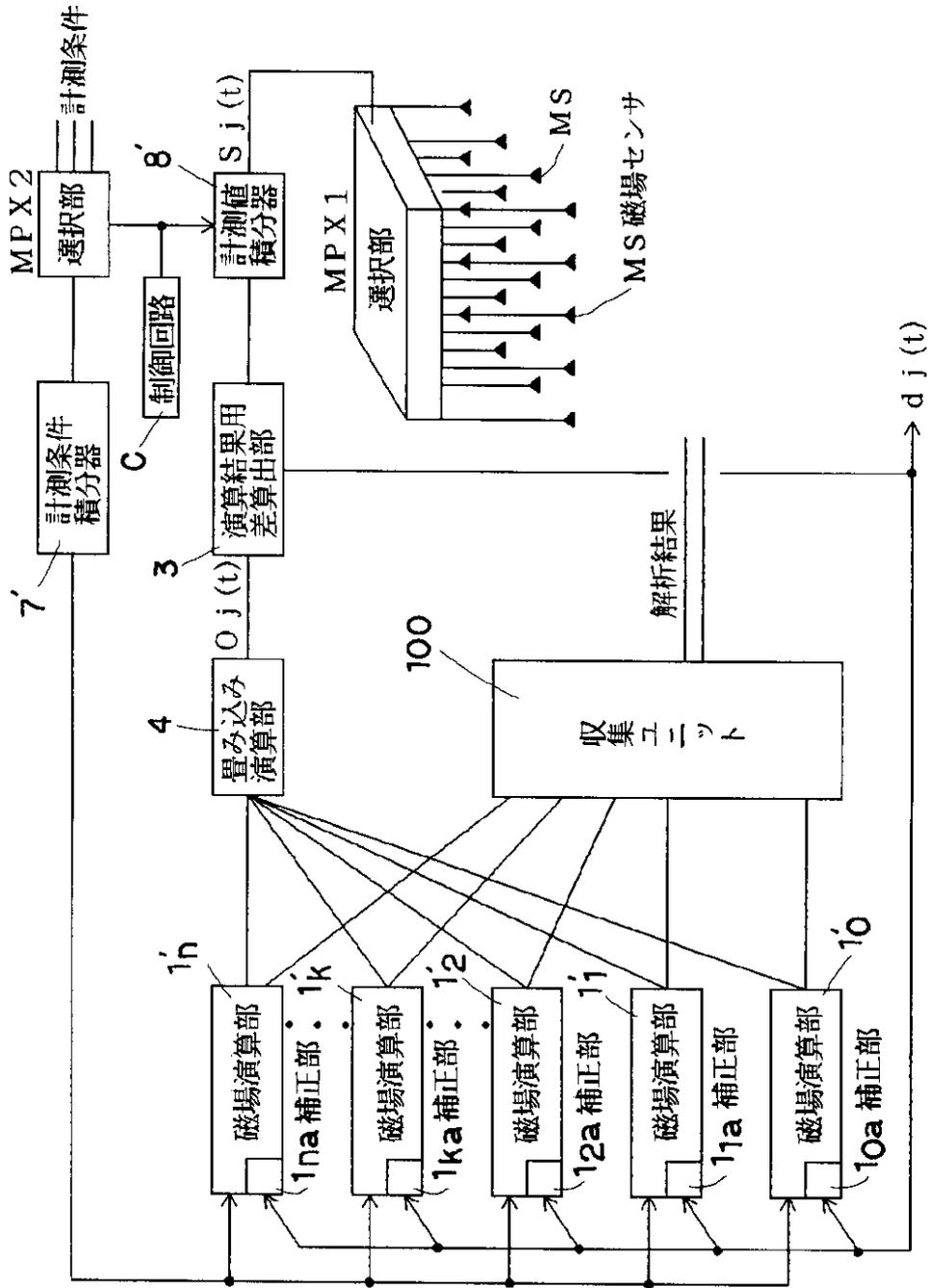
(A)



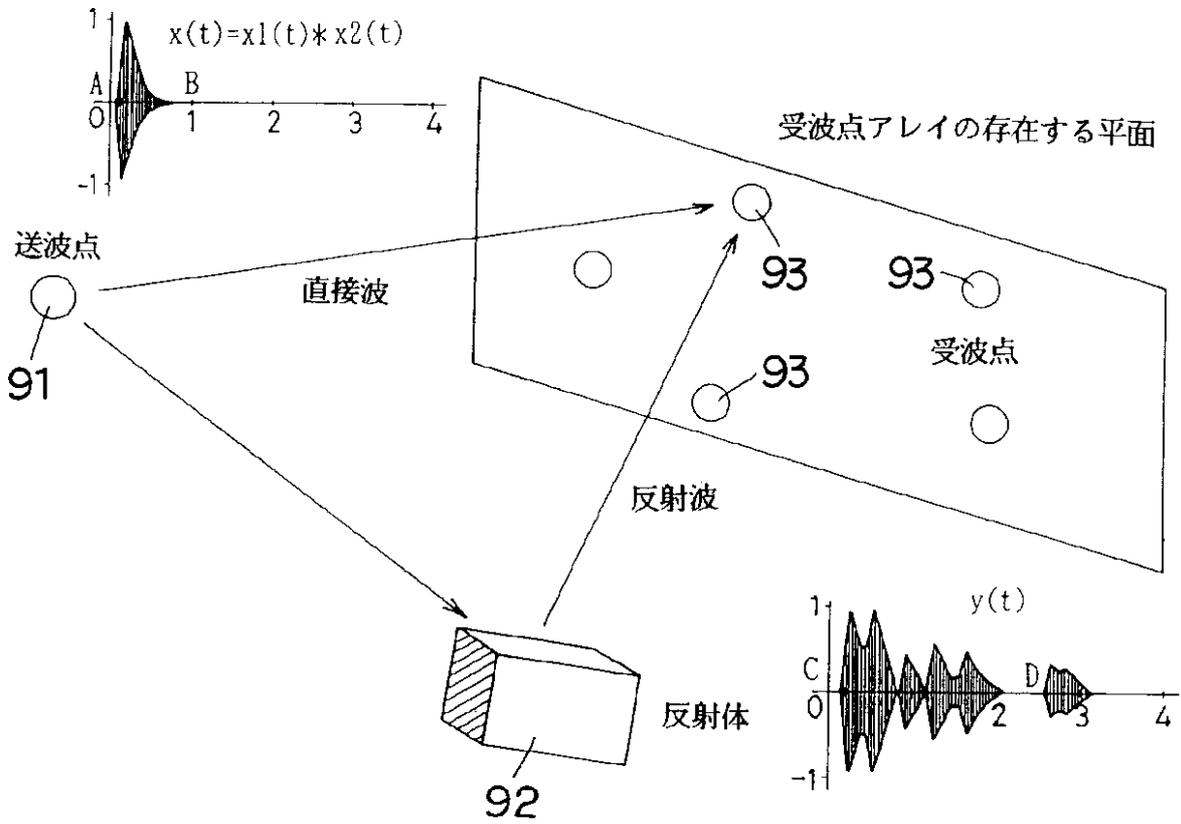
(B)



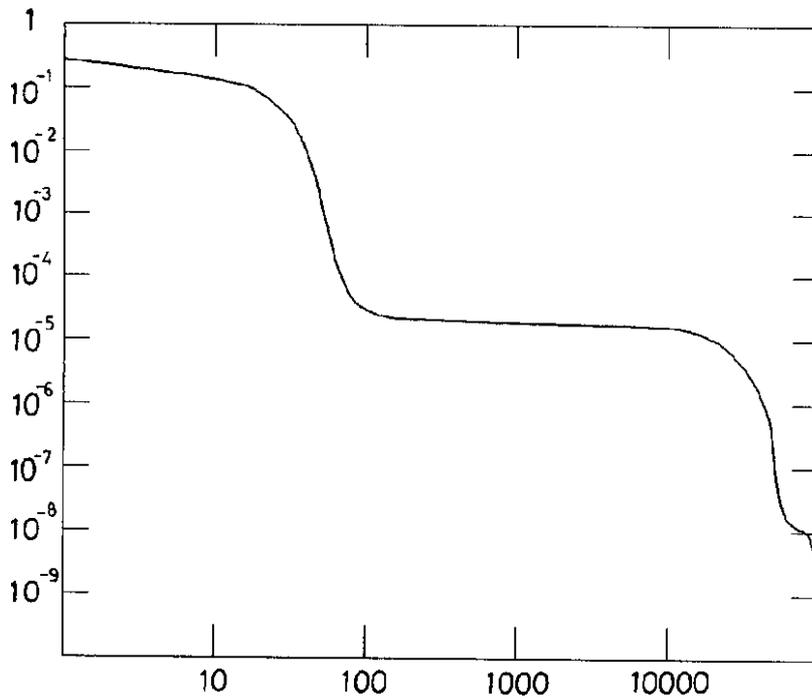
【図7】



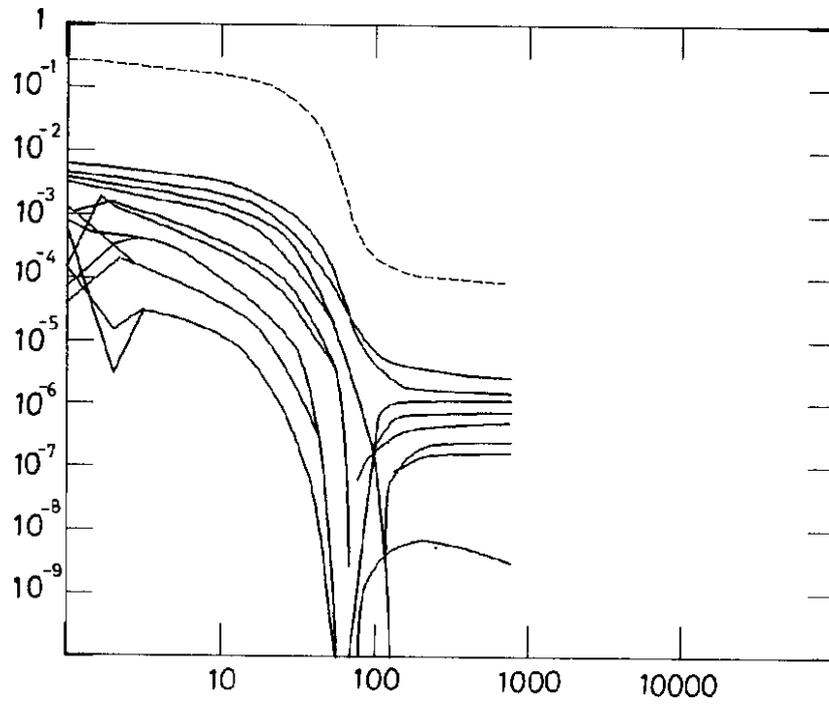
【図8】



【図14】



【図15】



【図17】

